# Aula 9

# INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS FUNGOS: ORIGEM E ORGANIZAÇÃO CELULAR

## META

Apresentar um breve histórico da origem dos FUNGOS e a sua organização celular, bem como trabalhar alguns conceitos básicos desta área do conhecimento.

## OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
reconhecer os principais eventos e teorias para a origem dos fungos e a sua organização celular. Além de ter o conhecimento de conceitos importantes, os quais serão abordados ao longo do curso.

## PRÉ-REQUISITO

Conhecimento básico dos principais eventos da origem da vida na Terra e dos filos Prokaria e Protista.

(Fonte: http://4.bp.blogspot.com).

# INTRODUÇÃO

## REINO FUNGI

O Reino Fungi está delimitado atualmente com base em certas características, que incluem aspectos morfológicos (macroscópico, microscópico e ultramicroscópico), bem como fisiológicos. Apesar de muitas estruturas fúngicas serem similares às dos animais, com os quais o Reino está mais relacionado filogeneticamente, outras apresentam variações que são exclusivas dos fungos.
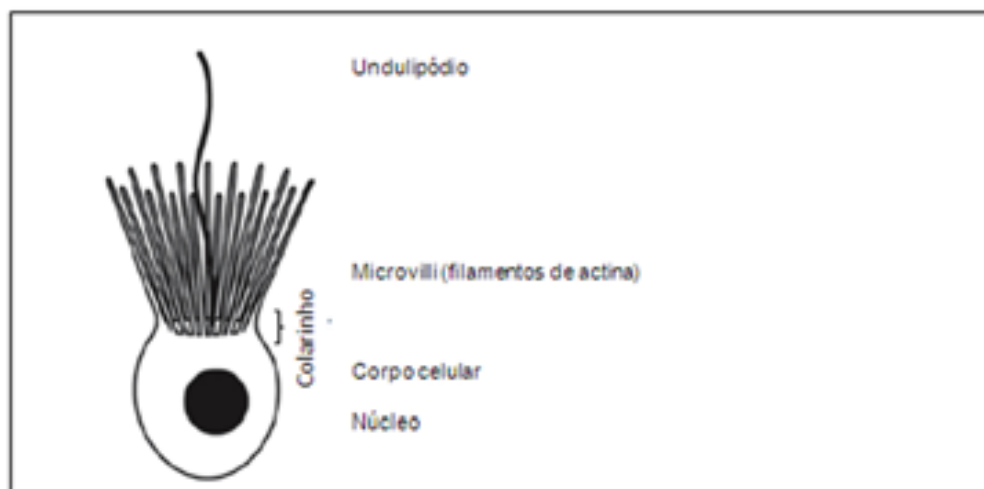
Figura 1. Choanomastigota: Monosiga brevicollis, possível ancestral dos Fungos (Margulis 2009).

A maioria dos pesquisadores, atualmente, coloca esse taxa (Monosiga brevicolis) dentro da Classe Mesomycetozoa do Filo Choanomastigota (fig. 1) e os considera como ancentrais dos animais e dos fungos (Margulis, 2009).

Os fungos são heterotróficos e exibem nutrição absortiva. Não fixam carbono e os nutrientes que entram em seus corpos, devem passar pela parede celular e membrana plasmática.

Autores descrevem os fungos como organismos cujos estômagos são externos a seus corpos. Ao invés de obter alimentos e digerir, como os animais, os fungos devem liberar enzimas digestivas para o meio externo.

Enzimas quebram moléculas grandes e relativamente insolúveis como carboidratos, proteínas e lipídios em moléculas menores e mais solúveis para então ingeri-las. Água livre deve estar presente como um meio para difusão de nutrientes solúveis para dentro das células. Sem água livre, os fungos não podem realizar metabolismo normal.

Como um grupo, os fungos exibem uma habilidade extraordinária para utilizar quase qualquer recurso de carbono como alimento. Diferentes espécies, todavia, têm diferentes requerimentos nutricionais (Griffin, 1994).

Alguns são omnívoros e podem subsistir em virtualmente qualquer substrato que contenha matéria orgânica.

O mofo verde (Penicillium) e mofo preto (Aspergillus) com um pouco de umidade irão crescer em qualquer substrato, desde queijo e pão, até sapatos de couro. Outros fungos são mais restritos em suas dietas; poucos parasitas obrigatórios, não só requerem protoplasma vivo como alimento, mas também são altamente especializados a certas espécies e mesmo a variedades de hospedeiros parasitados.

## CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS

Fungos saprófitos – vivem sobre matéria orgânica morta, criando estruturas reprodutoras a partir do micélio. São de grande importância nos ecossistemas, pois são decompositores, reciclando os elementos químicos vitais, como por exemplo, carbono, azoto, fósforo, entre outros.

Fungos simbiontes – estabelecem relações simbióticas com seres autotróficos, tornando-os mais eficientes na colonização de habitats pouco hospitaleiros.

Fungos parasitas – retiram o alimento do corpo dos hospedeiros, muitas vezes prejudicando-os e causando-lhes doenças. Alguns são parasitas de protozoários, plantas e animais.

Fungos predadores – capturam e alimentam-se de pequenos animais vivos (nematóides) que vivem no solo. As hifas destes fungos segregam substâncias anestésicas que imobilizam estes animais envolvendo o seu corpo com o micélio e fazendo a digestão.

História evolutiva - Por conta da insuficiente evidência fóssil, as relações filogenéticas têm sido inferidas com base nas feições fisiológicas associadas com a estrutura da célula e estruturas produzidas sexualmente. Com o advento das análises sequenciais de proteínas e ácidos nucleicos, observações de algumas relações têm sido confirmadas, e outras novas têm sido descobertas.

Análises da sequência das pequenas subunidades de rDNA demonstram que os fungos são derivados de um ancestral protista undulipodiado. Estes dados asseguram de que se trata de um grupo monofilético (A fig. 2 mostra os filos do Reino Fungi). Os Chytridiomycota e Zygomycota sendo os mais antigos ramos do grupo.

Estas análises mostram relações entre Ascomycota e Basidiomycota, talvez ambos sendo derivados das leveduras.
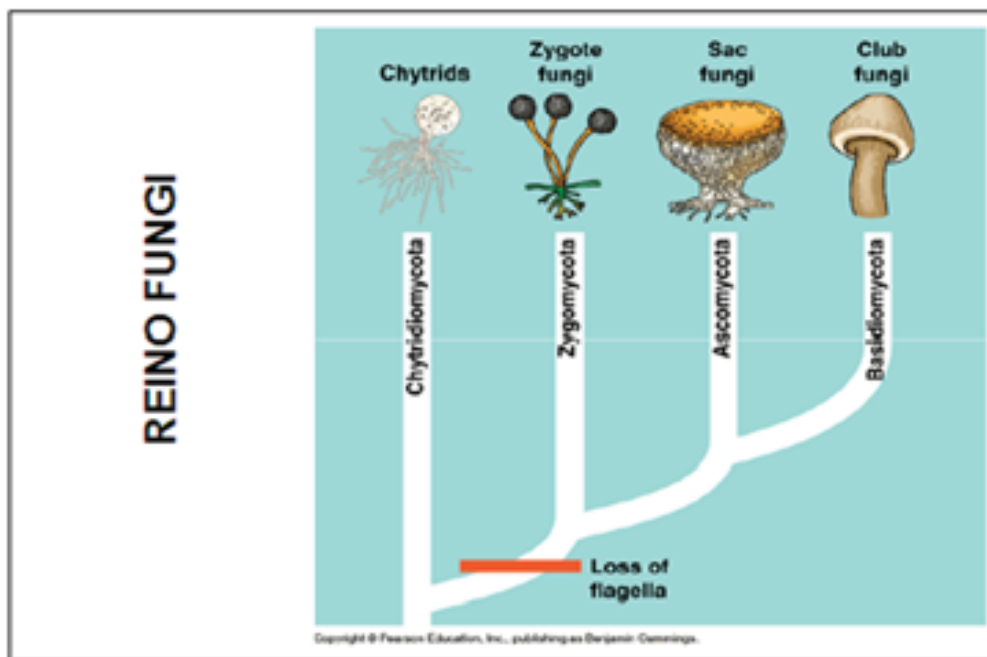
Figura 2. Filos do Reino Fungi (Fonte: http://sharon-taxonomy2010-p2.wikispaces.com).

Deuteromycota: são fungos que se reproduzem somente assexuadamente, pela produção de conidiósporos. A maioria é derivada dos Ascomycota pela perda evolucionária dos estágios sexuais. Ou talvez estes estágios ainda estariam para ser descobertos. São denominados "fungi imperfecti".

Em torno de 15.000 forma-espécies estão agrupadas, em grandes forma-gêneros e forma-classes. Baseadas nas características morfológicas das suas estruturas reprodutivas. É um grupo artificial (não baseado em relações evolutivas) e por conta disso não existem conclusões ou inferências para associações com outros grupos.

Comparação entre Filos do Reino Fungi baseada na composição química da parede (tab. 1).

Tabela 1. Composição química da parede dos fungos.

| FILO | Componentes fibrales | Componentes matriciais |
|---|---|---|
| Chytridiomycota | Quitina, quitosano | $\beta$-glucano |
| Zygomycota | Quitina, quitosano | Ácido poliglucurônico; proteína glucuronomano |
| Ascomycota/ mitospóricos | Quitina; $\beta$-(1-3)-$\beta$-(1,6)-glucanos | $\alpha$-(1-3)-glucano; proteína galactomano |
| Basidiomycota | Quitina; $\beta$-(1-3)-$\beta$-(1,6)-glucanos | $\alpha$-(1-3)-glucano; proteína xilomano |

Fonte: Modificado de Deacon (1997).

## MICÉLIO DOS FUNGOS

Os fungos podem se desenvolver em meios de cultivo especiais formando colônias de dois tipos:
- leveduriformes;

- filamentosas.

As colônias leveduriformes são pastosas ou cremosas, formadas por microrganismos unicelulares que cumprem as funções vegetativas e reprodutivas.

As colônias filamentosas podem ser algodonosas, aveludadas ou pulverulentas; são constituídas fundamentalmente por elementos multicelulares em forma de tubo - as hifas.

As hifas podem ser contínuas ou cenocíticas e tabicadas ou septadas. Possuem hifas septadas os fungos das Divisões Ascomycota, Basidiomycota e Deuteromycota e hifas cenocíticas, os das Divisões Mastigomycota e Zygomycota.

Os fungos são constituídos de hifas que podem ser septadas ou divididas em segmentos (fig. 3). Os septos possuem um ou vários poros. Pelos poros passam nutrientes, organelas inteiras e núcleos podem migrar através deles.
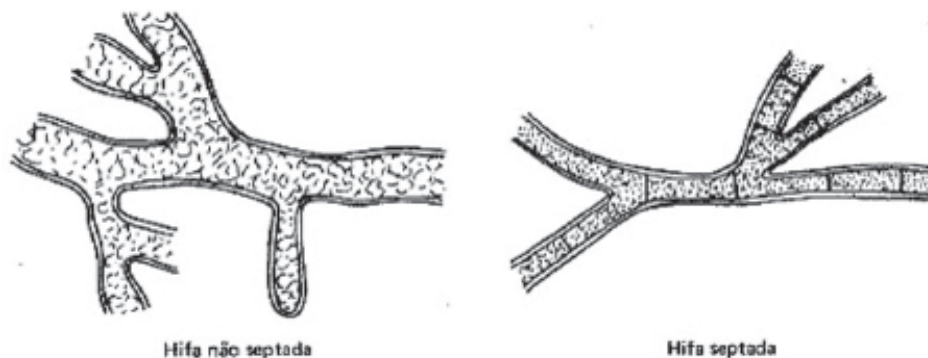
Figura 3. Hifas cenocíticas e septadas. (http://www.enq.ufsc.br).

O conjunto de hifas recebe nome de micélio. O micélio que se desenvolve no interior do substrato, funcionando também como elemento de sustentação e de absorção de nutrientes, é chamado de micélio vegetativo.

Quando o micélio se diferencia para sustentar os corpos de frutificação ou propágulos, constitui o micélio reprodutivo.
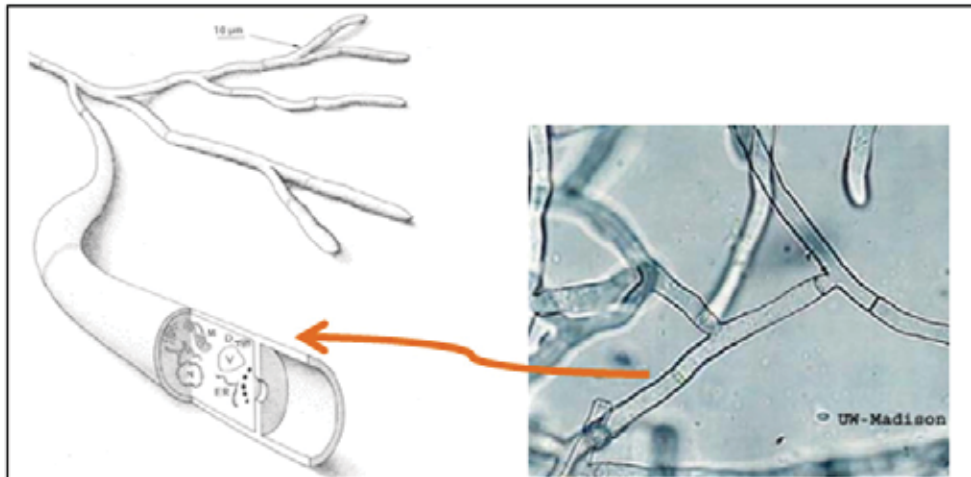
Figura 4. Crescimento apical das hifas. (Fonte: http://biology.unm.edu).

O micélio se expande por extensão das hifas individuais, por crescimento apical, depositando material nas extremidades (fig. 4). O crescimento do micélio não tem limites, desde que a hifa continue a se estender em um meio com nutrientes.

Os propágulos ou estruturas de disseminação dos fungos são classificados, segundo sua origem, em externos e internos, sexuados e assexuados.

O micélio vegetativo não tem funções específicas de reprodução, embora alguns fragmentos de hifa possam se desprender do micélio vegetativo e cumprir funções de propagação, uma vez que as células fúngicas são autônomas.

Estes elementos são denominados de taloconídios e compreendem os:

- blastoconídios,
- artroconídios
- clamidoconídios.

Conforme figura 5, os blastoconídios, ou gêmulas, são comuns nas leveduras, derivados de brotamento da célula-mãe (1). Às vezes, os blastoconídios permanecem ligados à célula-mãe, formando cadeias, as pseudohifas, cujo conjunto é o pseudomicélio (2).
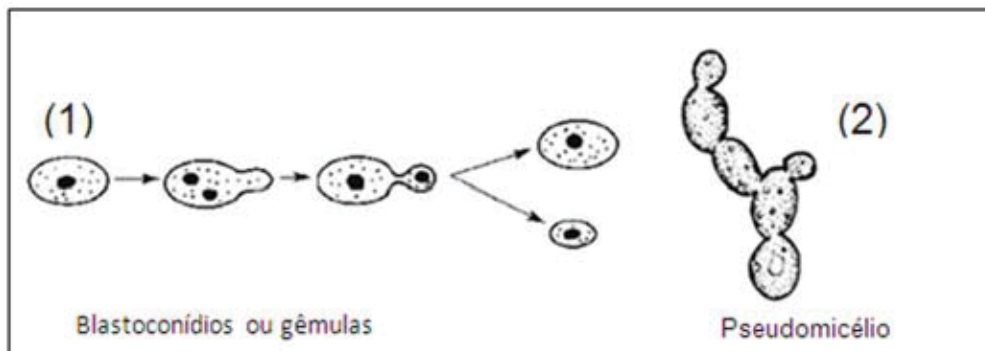
Figura 5. Blastoconídios e pseudomicélio.

Os artroconídios são formados por fragmentação das hifas em segmentos retangulares (fig. 6).
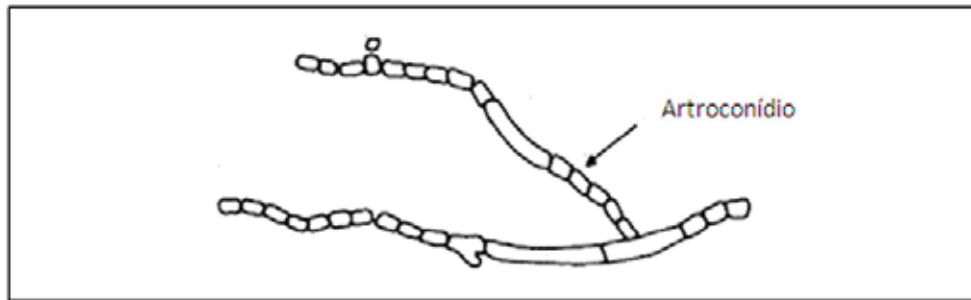
Figura 6. Artroconídios. (Fonte: http://www.enq.ufsc.br).

Os clamidoconídios têm função de resistência (como os esporos bacterianos) e formam-se em condições ambientais adversas, como escassez de nutrientes, água e temperaturas desfavoráveis ao desenvolvimento. São células, arredondadas, de maior volume, paredes duplas e espessas, nas quais se concentra o citoplasma. Sua localização no micélio pode ser apical ou intercalar (fig. 7).
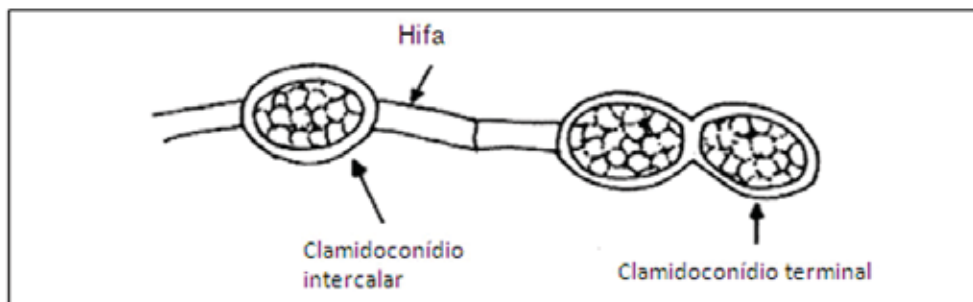
Figura 7. Clamidoconídios.

Outras estruturas de resistência, como os esclerócios, são corpúsculos duros e parenquimatosos, formados pelo conjunto de hifas, permanecendo em estado de dormência, até o aparecimento de condições favoráveis para germinação. São encontrados em espécies de fungos das Divisões Ascomycota, Basidiomycota e Deuteromycota.

## DIFERENCIAÇÃO DAS HIFAS NA FASE VEGETATIVA.

Hifas sofrem modificações fisiológicas, formando estruturas especializadas (fig.8).
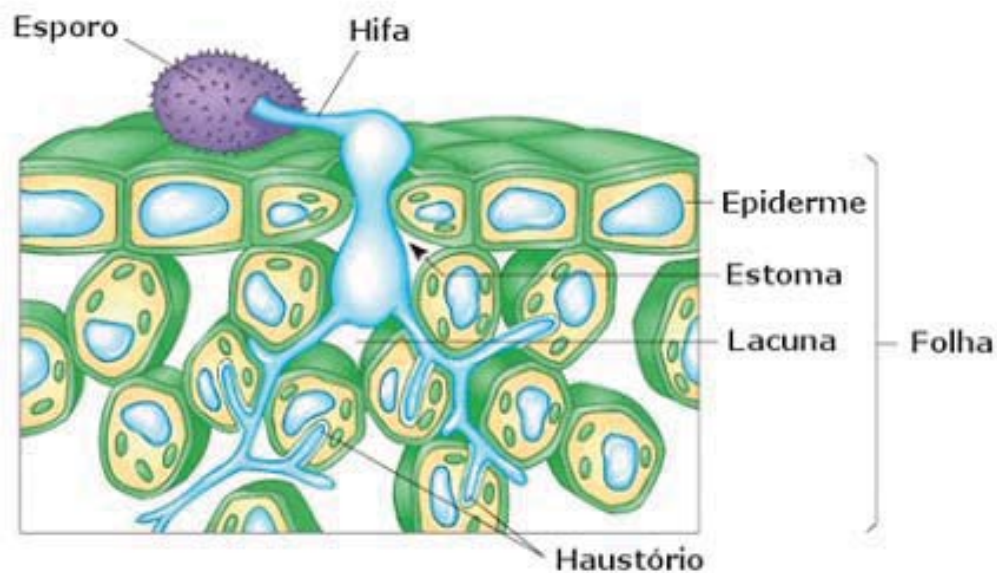
Figura 8. Diferenciação das hifas: haustórios e sugadores. Fonte: http://www.google.com.br).

Cordões miceliais e/ou rizomorfos:

agregado de hifas, formando filamentos visíveis que se estendem no solo a partir de regiões infectadas. Ocorrem sobre substrato lenhoso ou folhedo em decomposição. Comum entre os basidiomicetos ectomicorrízicos, exercendo funções no transporte de água e nutrientes do solo para a planta, da planta para o fungo (basidiocarpo) ou de uma planta para outra (fig. 9).

Figura 9. Cordões miceliais e/ou rizomorfos. (Fonte: http://pt.wikipedia.org).

Podem ter constituição complexa, formando uma estrutura semelhante a uma raiz, com um meristema apical bem definido.
- É constituído de uma camada externa de células pequenas, escuras, arredondadas, e uma parte interna de células incolores e alongadas.
- Tem funções importantes na sobrevivência do hospedeiro e do fungo.

Clamidósporos: estruturas de resistência muito comum nos fungos (fig.10).

O gênero Fusarium (F. oxysporum e F. solani) possuem clamidósporos que podem germinar quando estimulados por exudatos dos hospedeiros, incrementando assim a população de propágulos.

Esses patógenos, além de perpetuarem-se no solo livre do hospedeiro, aumentam o seu número nas rizosferas de outras plantas. Ex: tomateiro e milho.

Sclerotinia sclerotiorum infecta mais de 300 espécies diferentes de plantas, pertencentes a aproximadamente 200 gêneros.
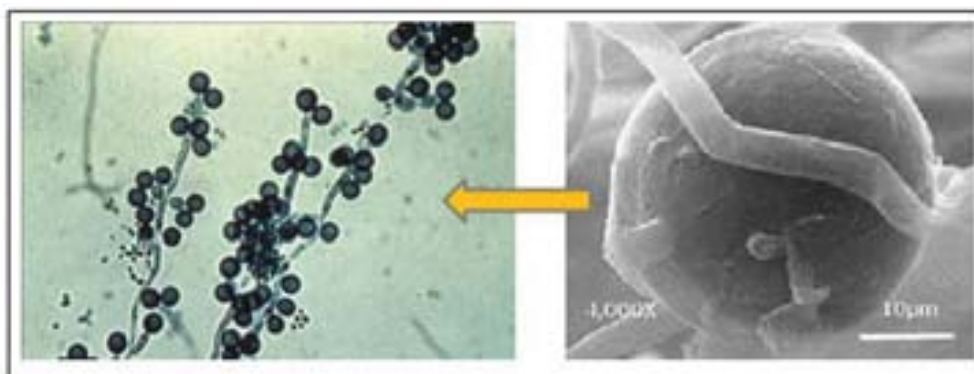
Figura 10. Clamidósporos: estruturas de resistência comum nos fungos. (Fonte: http://www.uc.pt).

Células que apresentam diferenciações estruturais para atender finalidades diversas.

Apressório: estrutura achatada, formada pelo intumescimento de uma hifa ou de um tubo germinativo que funciona como uma ventosa, aderindo o fungo ao substrato. Em fungos parasitos, participando do dispositivo de penetração do tecido do organismo hospedeiro (fig. 11).
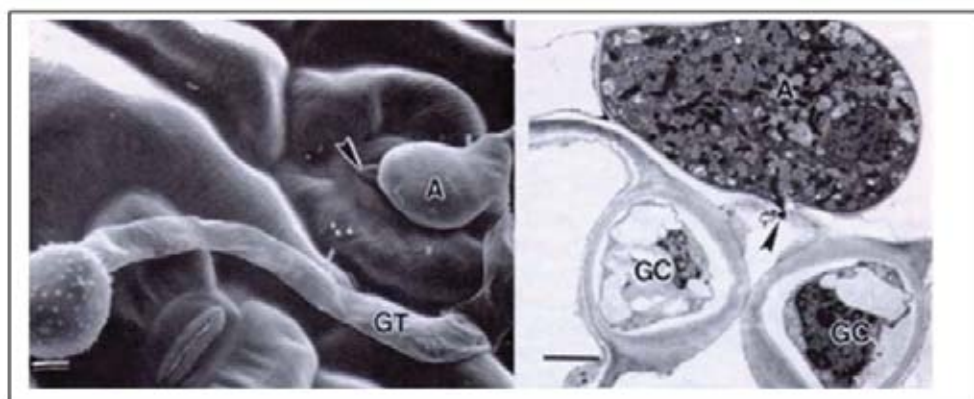
Figura 11. MEV de um apressório (A) de um fungo fitopatogênico sobre a superfície de uma folha. O apressório se desenvolve na extremidade de um tubo germinativo (GT) que cresce sobre um estômato; Microscopia eletrônica de transmissão de um apressório (A) sobre um estômato. Uma minúscula hifa (seta) emergiu do apressório e está crescendo entre a abertura das duas células-guarda (GC) (Fonte: http://www.uc.pt).

# DIFERENCIAÇÃO DAS HIFAS NA FASE REPRODUTIVA

A estrutura básica de reprodução dos fungos é o esporo (fig. 12). Podem ser produzidos livremente sobre o substrato, externamente ou protegidos no interior de corpos de frutificação.
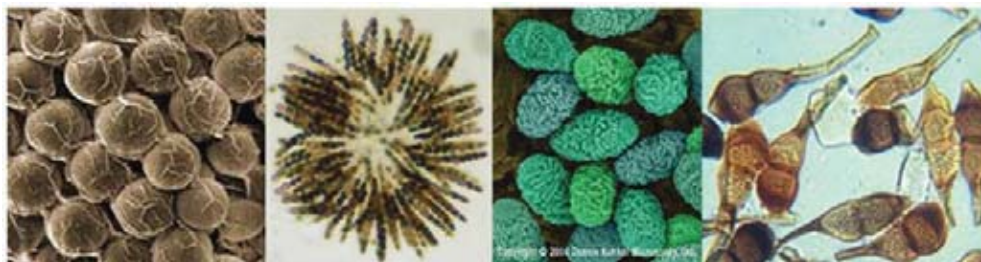
Figura 12. Diversos tipos de esporos.
(Fonte: http://www.sharnoffphotos.com).

Com a formação dos esporos ou conídios é necessário que estes tenham acesso livre ao ar, para assegurar sua disseminação. Realiza-se, então, uma diferenciação das hifas vegetativas, geralmente levantadas verticalmente sobre o plano do micélio, conhecido como esporóforo ou conidióforo, e sobre estes se originam os esporos ou conídios.

De acordo com tipo de reprodução realizada, os fungos podem ser divididos em três grupos:

Holomorfo: no ciclo de vida realiza ambas as reproduções, sexuada e assexuada.

Anamorfo: realiza apenas a reprodução assexuada.

Teleomorfo: realiza apenas a reprodução sexuada.

Após a dispersão, os esporos germinam e produzem hifas que são divididas através de septos (fungos apocíticos) em células cilíndricas e com paredes finas. Células de diferentes hifas podem se conectar secundariamente em pontos onde hifas adjacentes se tocam (fig. 13), quando as suas paredes se fundem e são formados poros interconectivos chamados anastomoses. (Jahns, 1973).
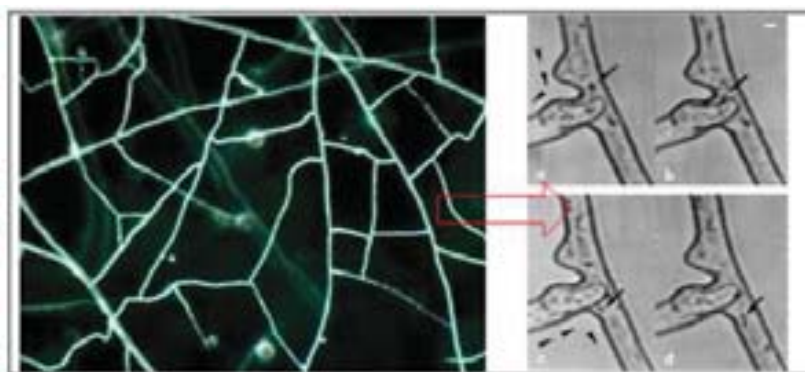
Figura 13. Formação de anastomoses.
(Fonte: http://micro-esalq.blogspot.com).

## ANSAS OU GRAMPOS DE CONEXÃO

São alterações do sistema de septação encontradas principalmente em certos estágios dos Ascomicetos e nas hifas de Basidiomicetos superiores. Estão, geralmente, associadas a um mecanismo de garantia para a manutenção do estádio dicariótico (fig. 14).
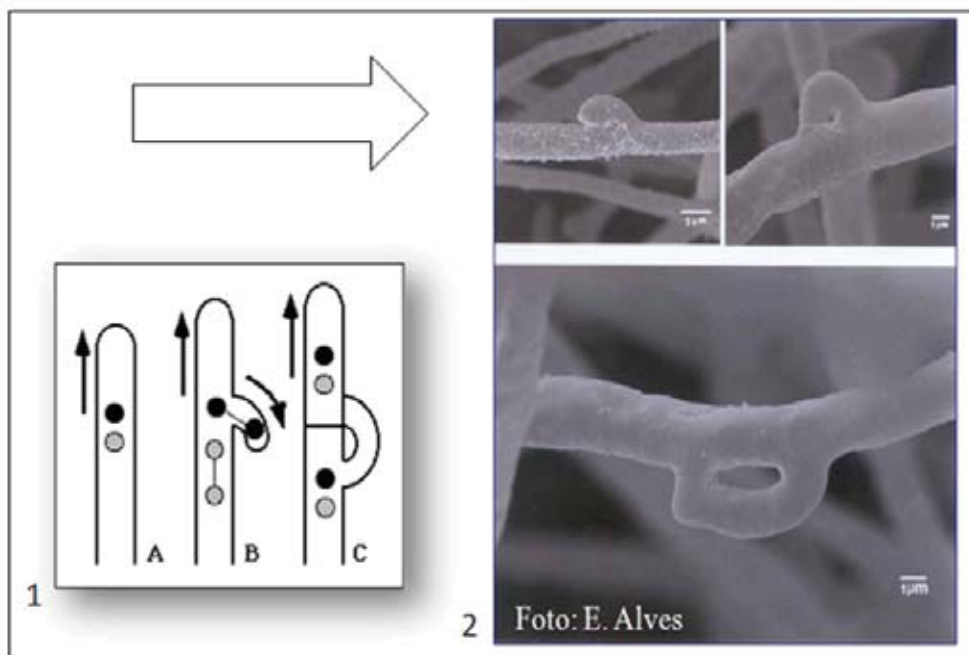
Figura 14. Formação de ansas ou grampos de conexão.
(Fonte: http://www.unicamp.br).
(Fonte: http://micro-esalq.blogspot.com).

## FORMAÇÃO DE PSEUDOPARÊNQUIMAS E PLECTÊNQUIMAS

Plectênquima pode ser considerado como sendo desde um falso tecido formado por hifas entrelaçadas até um tecido formado pela compactação das hifas (Barbosa 2005).

O termo plectênquima foi inicialmente utilizado por Lindau (1888) para descrever os micélios formados por hifas, ou filamentos celulares das algas, ou ainda para definir os falsos tecidos das talófitas.

Posteriormente o termo foi definido por P. Font-Quer (1953) como sendo o tipo de falso-tecido próprio dos fungos.

Ozenda (1963) utilizou o termo plectênquima para descrever os tecidos formados por filamentos celulares das talófitas em oposição aos tecidos verdadeiros, ou parênquimas dos vegetais superiores.

Secções transversais do talo de diferentes gêneros de Parmeliaceae* mostrando diferentes tipos de plectênquimas nos córtices superior e inferior e organização das hifas da medula (fig. 15).
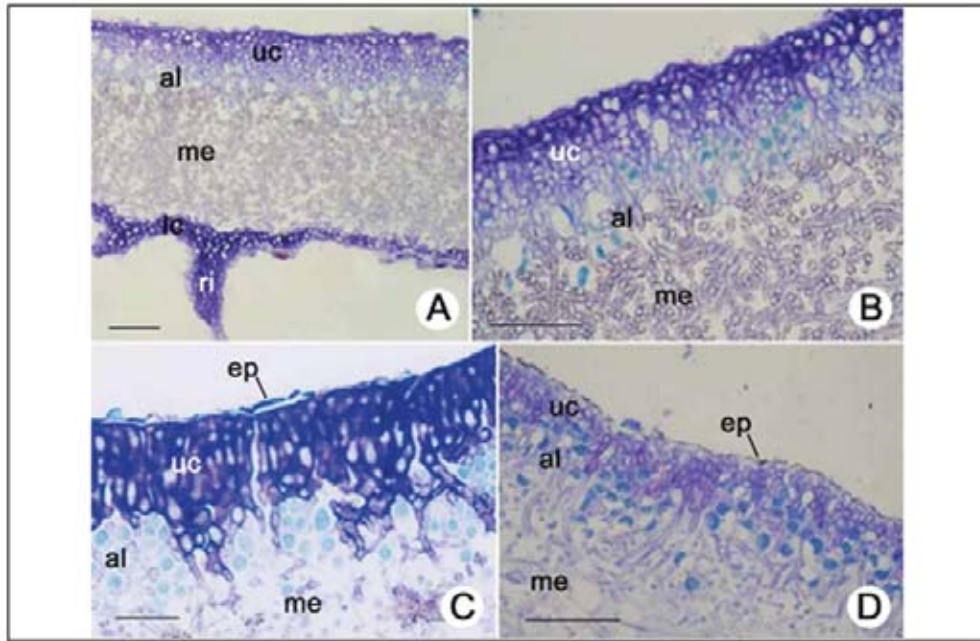
Figura 15. A. Punctelia – secção transversal do talo mostrando córtex superior, camada de alga, medula com arranjo frouxo de hifas, córtex inferior e rizina. B. Detalhe do córtex superior de Punctelia - paraplectênquima. C. Detalhe do córtex superior de Parmotrema com máculas reticulares (Rimelia) - prosoplectênquima paliçádico. D. Detalhe do córtex superior de Parmotrema s.str. - plectênquima paliçádico. Barras= 50 µm. *Parmeliaceae (Ascomycota liquenizados).
(Fonte: http://www.nhm.uio.no).

Plectênquima pode ser considerado como sendo desde um falso tecido formado por hifas entrelaçadas até um tecido formado pela compactação das hifas (Barbosa 2005). O termo plectênquima foi inicialmente utilizado por Lindau (1888) para descrever os micélios formados por hifas, ou filamentos celulares das algas, ou ainda para definir os falsos tecidos das talófitas. Posteriormente o termo foi definido por P. Font-Quer (1953) como sendo o tipo de falso-tecido próprio dos fungos.

Ozenda (1963) utilizou o termo plectênquima para descrever os tecidos formados por filamentos celulares das talófitas em oposição aos tecidos verdadeiros, ou parênquimas dos vegetais superiores.

## MICÉLIO E CORPO DE FRUTIFICAÇÃO

Os esporos podem ser produzidos em ramificações especializadas da hifa chamadas ESPORÓFOROS. Os corpos de frutificação formados por certos fungos dão proteção e apoio aos ESPOROS (fig. 16).
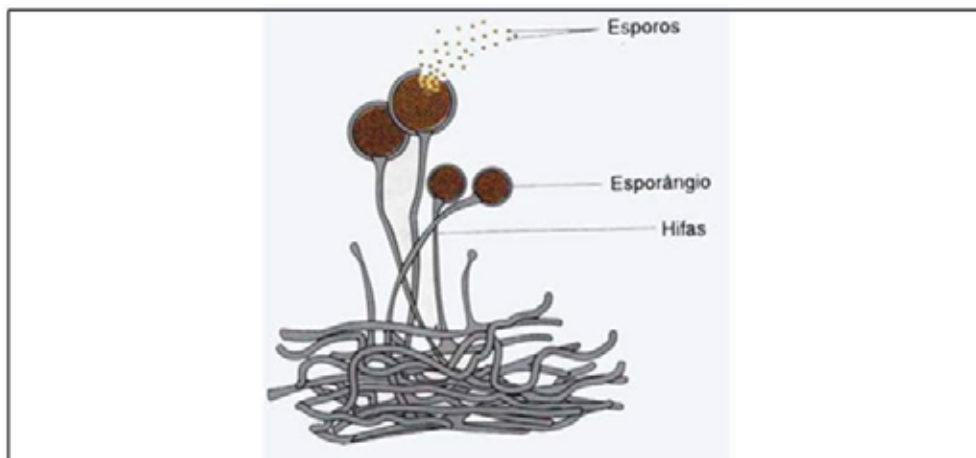
Figura 16. Micélio, esporângios e esporóforos.
(Fonte: http://www.notapositiva.com).

As estruturas assexuadas, como também as sexuadas, podem ser formadas isoladamente ou em grupos, formando corpos de frutificação. Assim, os conídios podem ser formados em conidióforos isolados ou agrupados, constituindo então os conidióforos ou conidiomas; esporangiósporos em esporângios.

Os esporos podem ser formados em ascomas (onde são formados os ascos) ou basidiomas (onde são formados os basídios).

## REPRODUÇÃO NOS FUNGOS

Os fungos se reproduzem em ciclos assexuais, sexuais e parassexuais.

A reprodução assexuada abrange quatro modalidades:

1. fragmentação de artroconídios;
2. fissão de células somáticas;
3. brotamento ou gemulação do blastoconídios-mãe;
4. produção de conídios.

Os conídios representam o modo mais comum de reprodução assexuada; são produzidos pelas transformações do sistema vegetativo (fig. 17). As células que dão origem aos conídios são denominadas células conidiogênicas.

Os conídios podem ser hialinos ou pigmentados, geralmente escuros - os feoconídios; apresentam formas diferentes: esféricos, fusiformes, cilíndricos, piriformes etc; possuem parede lisa ou rugosa; são formados de uma só célula ou apresentam septos em um ou dois planos; apresentam-se isolados ou agrupados.

As hifas podem produzir ramificações, algumas em plano perpendicular ao micélio, originando os conidióforos, a partir dos quais se formarão os conídios. Normalmente, os conídios se originam no extremo do conidióforo, que pode ser ramificado ou não. Outras vezes, não frequentemente, nasce em qualquer parte do micélio vegetativo; neste caso são chamados de conídios sésseis, como em Trichophyton rubrum.
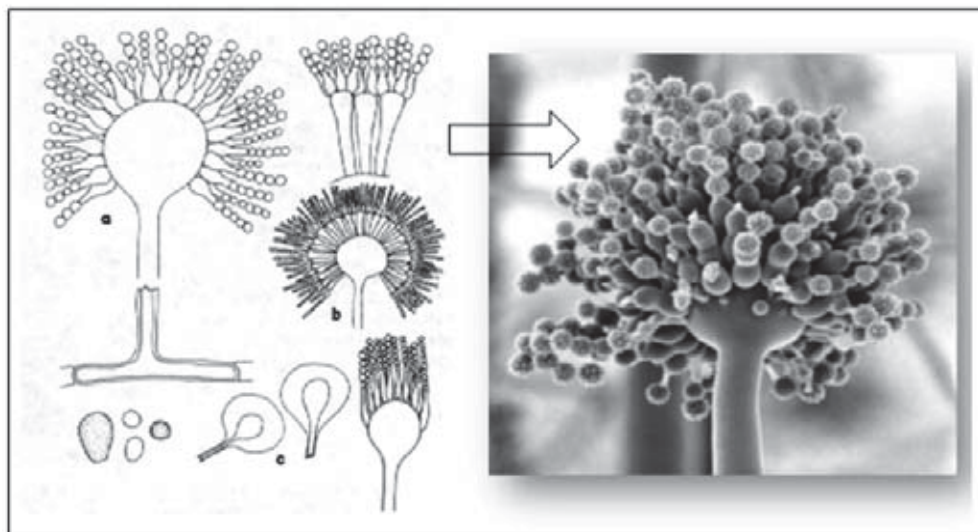
Figura 17. Conidióforos e conidiósporos.
(Fonte: http://sharon-taxonomy2009-p3.wikispaces.com
J. Webster and R. W. S. Weber 2007).

O conidióforo e a célula conidiogênica podem formar estruturas bem diferenciadas, como o aparelho de frutificação, também denominado de conidiação que permite a identificação de alguns fungos patogênicos.

No aparelho de conidiação tipo aspergilo, os conidiósporos formam cadeias sobre fiálides, estruturas em forma de garrafa, em torno de uma vesícula ou dilatação na extremidade do conidióforo.

Nos penicílios falta a vesícula na extremidade dos conidióforos que se ramificam dando a aparência de pincel. Como no aspergilo, os conidiósporos formam cadeias que se distribuem sobre as fiálides.

Quando há a formação de conídiosporos de tamanhos diferentes, o maior é designado como macroconídio e o menor microconíidio.

Alguns fungos formam picnídios, um corpo de frutificação piriforme dentro do qual se desenvolvem os conidióforos, com seus conídiosporos— os picniósporos (Fig.18).
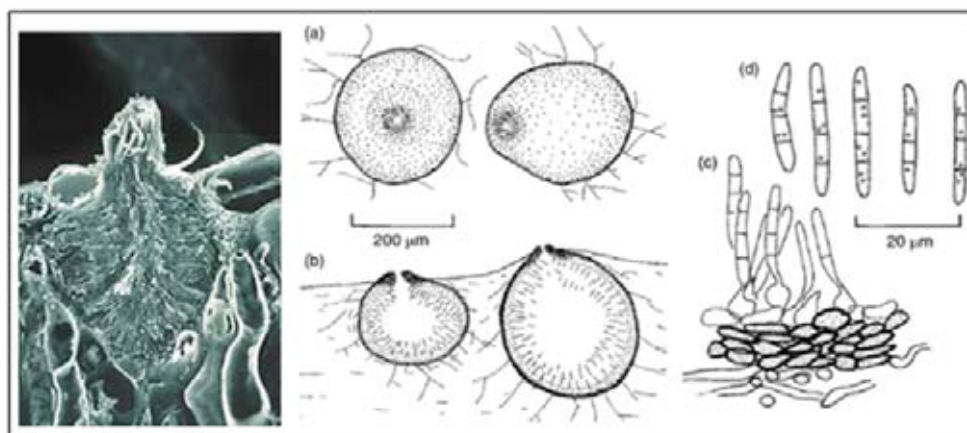
Figura 18. Corpos de frutificação de origem assexuada (Deuteromycetes). Stagonospora nodorum. (a) Picnídio visto de cima. (b) SLM em cultura de ágar (c) Parte da parede do picnídio mostrando a origem dos conídios. (d) Conídios.
(Fonte: J. Webster and R. W. S. Weber 2007).

Os propágulos assexuados internos se originam de esporângios (fig. 19), por um processo de clivagem de seu citoplasma, e são conhecidos como esporoangiósporos ou esporos. Pela ruptura do esporângio, os esporos são liberados.
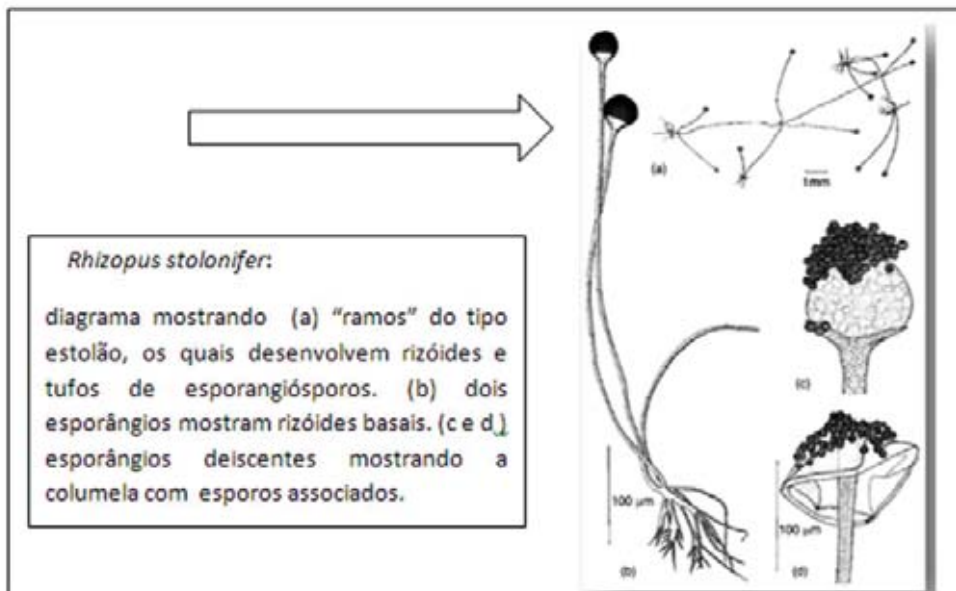
Figura 19. Esporângios e esporangiósporos.
(Fonte: J. Webster and R. W. S. Weber 2007).

Os esporos sexuados se originam da fusão de estruturas diferenciadas com caráter de sexualidade. O núcleo haplóide de uma célula doadora funde-se com o núcleo haplóide de uma célula receptora, formando um zigoto (fig.20). Posteriormente, por divisão meiótica, originam-se quatro ou oito núcleos haplóides, alguns dos quais se recombinarão, geneticamente.
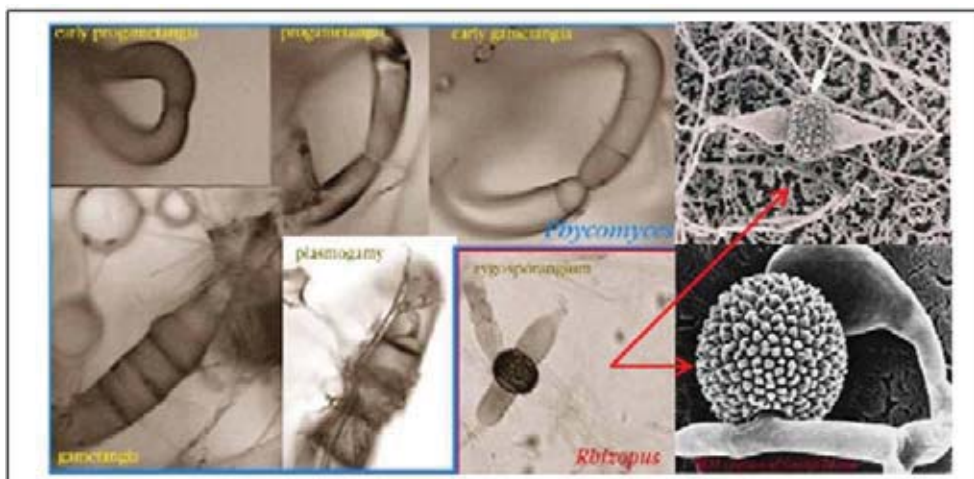
Figura 20. Reprodução sexuada em Zigomicetos.
(Fonte: http://gopher://wiscinfo.wisc.edu:2070).

## REPRODUÇÃO SEXUADA

Os esporos sexuados internos são chamados ascósporos e se formam no interior de estruturas em forma de saco, denominadas ascos. Os ascos podem ser simples, como na levedura Saccharomyces cerevisiae, ou se distribuir em lóculos ou cavidades do micélio, dentro de um estroma, o ascostroma ou ainda ester contidos em corpos de frutificação, os ascocarpos (fig. 21).

Três tipos principais de ascocarpos são bem conhecidos: cleistotécio, peritécio e apotécio.

O cleistotécio é uma estrutura globosa, fechada, de parede formada por hifas muito unidas, com um número indeterminado de ascos, contendo cada um oito ascosporos.

O peritécio é uma estrutura geralmente piriforme, dentro da qual os ascos nascem de uma camada hemenical e se dispõem em paliçada, exemplo, Leptosphaeria senegalensis, Neotestudina rosatii.

O apotécio é um ascocarpo aberto, em forma de cálice onde se localizam os ascos.

Diferentes tipos de **ascocarpos**: a) Giminotécio, hifas entrelaçadas que não cobrem as ascas inteiramente. (b) **Cleistotécio**, (c) **Apotécio**, (d) **Peritécio** e (e) Pseudotécio Todos são formados por plectêquima (Luttrell, 1981).
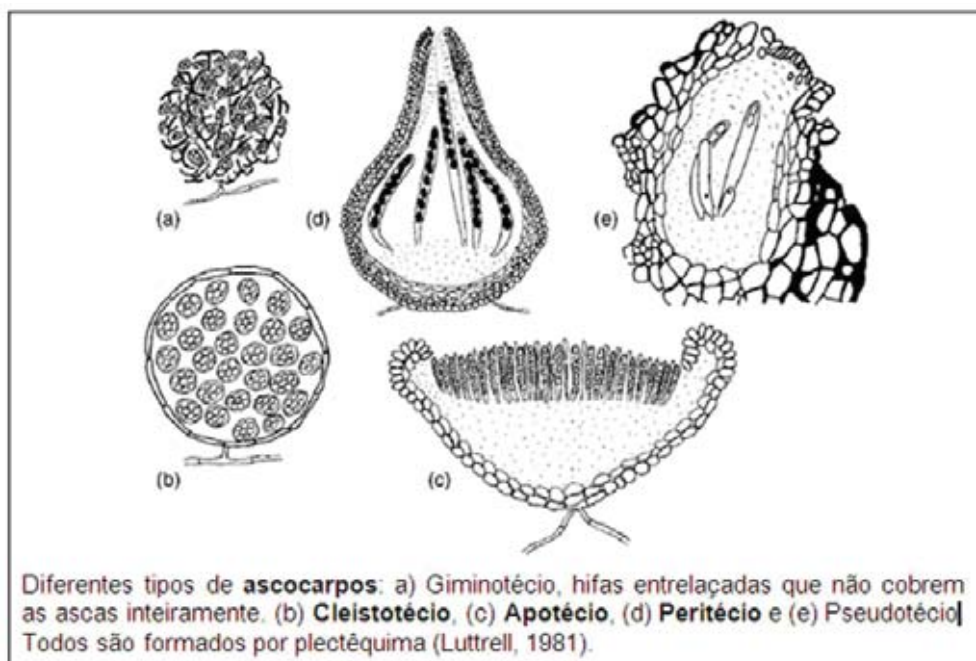
Figura 21. Principais tipos de ascocarpos.
(Fonte: J. Webster and R. W. S. Weber 2007).

## FORMAÇÃO DO CORPO DE FRUTIFICAÇÃO EM ASCOMICETOS (ASCOMYCOTA): PLECTÊNQUIMAS.

Os corpos de frutificação são formados por pseudotecidos denominados de plectênquimas (fig. 22).
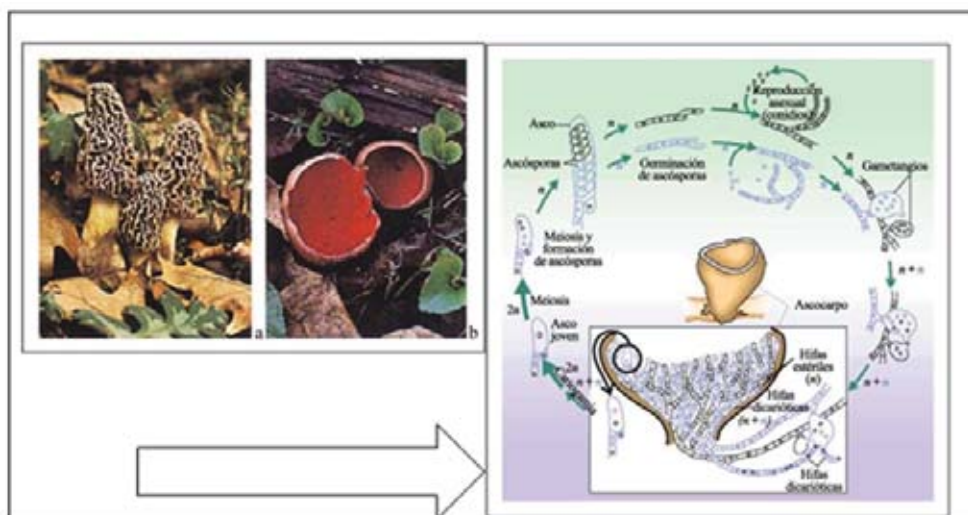
Figura 22. Ascomas ou Ascocarpos, com ascósporos. (a) Morchella esculenta (b) Sarcocypha coccine. (Fonte: http://en.bestpicturesof.com).

## FORMAÇÃO DO CORPO DE FRUTIFICAÇÃO EM BASIDIOMICETOS (BASIDIOMYCOTA): PLECTÊNQUIMAS.

Da mesma forma, os corpos de frutificação são formados por pseudotecidos denominados de plectênquimas (fig. 23). Os cogumelos pertencem a este filo. Os esporos são denominados de basidiósporos, são exógenos, situados no topo de hifas clavadas denominadas basídia (fig. 24).
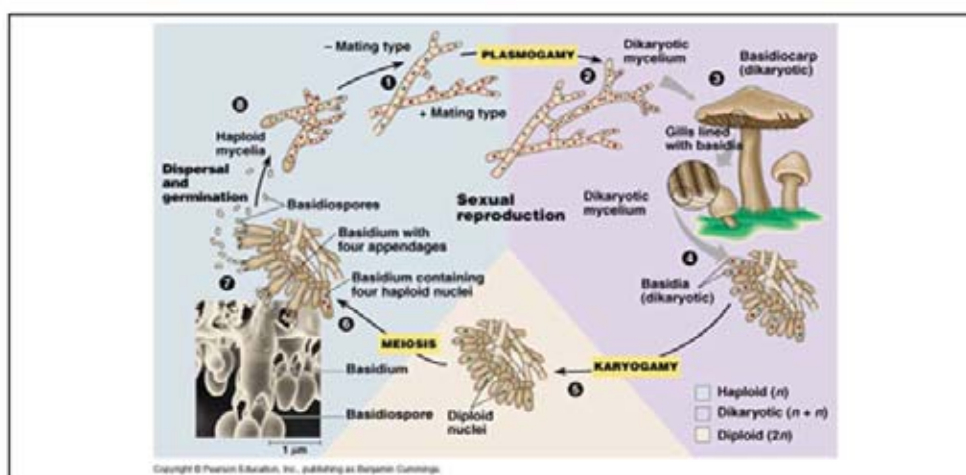
Figura 23. Ciclo de vida dos Basidiomicetos. Corpo de frutificação denominado de basidiocarpo (cogumelos).
(Fonte: http://en.bestpicturesof.com).
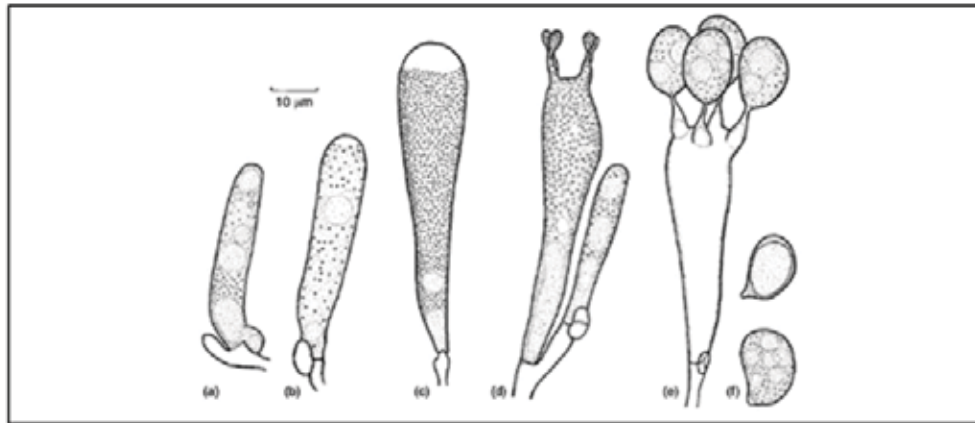
Figura 24.Oudemansiella radicata. Estágios de desenvolvimento da basídia. (a) Basídia jovem com numerosos vacúolos. Grampo de conexão pode ser percebido na sua base. (b) No estágio posterior se observa a clara cobertura apical. (c) Vacúolos na direção da base. (d) Desenvolvimento de esterígmas e dos basidiósporos. (e) Desenvolvimento total dos basiósporos. Esporos cheios de citoplasma, enquanto o corpo da basidia, contém apenas uma fina linha de citoplasma envolvendo o grande vacúolo. (f) Descarga dos basidiósporos. Fonte: J. Webster and R. W. S. Weber 2007

## IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS

A madeira é constituída principalmente por fibras. É altamente organizada ao nível celular e molecular. Sua composição química apresenta cerca de 20-30% de lignina, 65-80% de polissacarídeos (dos quais 40-50% são celulose e 20-35% são hemiceluloses), de outras substâncias de baixo peso molecular (1-3%) representadas essencialmente por compostos alifáticos, esteróis e compostos fenólicos e também por compostos minerais presentes em pequenas quantidades (Sjöström, 1981).

A lignina é o segundo maior componente da madeira. Estabelece as ligações entre as fibras, conferindo-lhes firmeza e rigidez. Ela é encontrada entre as células e a parede celular sendo resistente ao ataque biológico, uma vez que não apresenta ligações que sejam hidrolisáveis. É um polímero de estrutura amorfa, aromática, altamente ramificada e insolúvel em água. Forma uma rede tridimensional com ligações cruzadas (Sjöström, 1981).

É um heteropolímero complexo constituído por unidades de fenilpropano (C9) que apresenta um elevado peso molecular (600-10000 kDa).

O polímero da lignina é altamente ramificado, sendo que os mecanismos ligninolíticos devem ser extracelulares. Estes mecanismos devem ser oxidativos em lugar de hidrolíticos, uma vez que o polímero é interligado por ligações estáveis de éter e de carbono-carbono.

Somente uma classe de fungos é capaz de degradar a lignina, os Basidiomicetos (fig. 25).

Figura 25. Fungo decompositor de madeira - Foto: Clóvis Franco
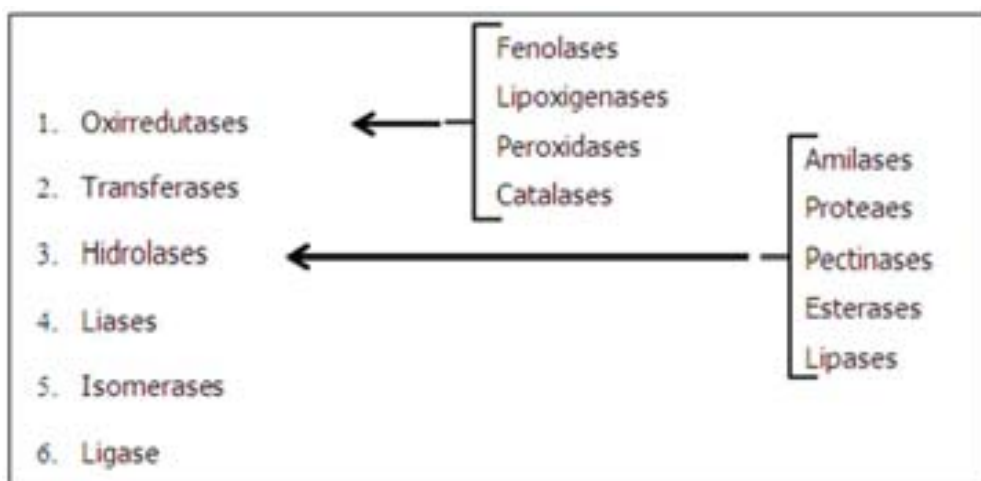
Figura 26. Principais enzimas produzidas pelos fungos

## MICOTOXINAS:

Um conjunto diverso de compostos derivados de vários precursores e vias biossintéticas, agrupados com base na sua toxicidade para humanos e outros animais superiores.

As aflatoxinas estão entre os produtos carcinogênicos mais potentes conhecidos, causam câncer no fígado, em animais e humanos. São produzidas por Aspergillus flavus e A. parasiticus, que são comuns em condições tropicais e subtropicais, os amendoins são particularmente sensíveis a estas toxinas. Pelo seu poder de ação sobre animais que se alimentam de fungos, as micotoxinas funcionam como repelentes dos seus predadores, incluindo insetos (fig. 28).

Na tabela abaixo (tab. 2), estão indicadas algumas micotoxinas, os alimentos infectados e os seus efeitos para os consumidores.

Tabela 2. Toxinas produzidas pelos fungos.

| Toxina | Fungo produtor | Alimento infectado | Efeitos |
|---|---|---|---|
| Aflatoxina | *Aspergillus flavus* | Amendoim | Danos no fígado |
| | *A. parasiticus* | | |
| Sterigmatocistina | *A. versicolor* | Grãos | Danos no fígado |
| Ocratoxina | *A. ochraceus* | Grãos | Danos no fígado |
| Citrinina | *Penicillium citrinum* | Amendoim, cereais | Danos nos rins |
| Ácido penicilínico | *P. cyclopium* | Cereais | Cardíaco |
| Rubratoxina | *P. rubrum* | Sementes | Hemorragíaco |
| Tricotecenos | *Fusarium* spp. | Cereais | Vários (estrogénio, abortivo) |
| Patulina | *A. clavatus* | Sementes | Neurotoxina |
| | *P. expasum* | Maçãs | |

(Fonte: http://naturlink.sapo.pt).

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, S.B. 2005. O problema da descrição da anatomia do talo em Parmeliaceae. In: Programas e Resumos do VII Encontro do Grupo Latino Americano de Liquenólogos. UFP, Curitiba, PR. pp. 66-71.
DEACON, J.W. 1997. Modern Mycology.Blackwell Science,London 3. ed. 303p.
FONT-QUER, P. 1953. Diccionario de Botânica. Barcelona: Editorial Labor.
GRIFFIN, D.H. 1994. Fungal Physiology, pp. 246-274. New York: Wiley-Liss.
JAHNS HM 1973) Anatomy, morphology, and development. In: Ahmadjian V, Hale ME (eds) The lichens. Academic Press, New York, p 3–58
LINDAU, G. 1888. Über die Anlage und Entwicklung einiger Flechtenapothezien. Flora 71:
451-489.
MARGULIS, L. & SCHWARTZ, K.V. 2001. Cinco reinos: um guia ilustrado dos filos da vida na Terra. 3a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
OZENDA, P. 1963. Lichens: Traité d'anatomie végétale. Gebrüder Borntraeger. Berlin:
Nikolassee.
RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 2007. Biologia Vegetal. 7ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 728p.
SMITH, G.M. 1987. Botânica Criptogâmica. I volume. Algas e Fungos. 4ed. Fundação Calouste Gulbekian, Lisboa. 527p.

VAN DEN HOEK, C., MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1995. Algae. An introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge.
WEBSTER, J. WEBER, R. 2007. Introduction to FUNGI Cambridge 3rd. ed. 841 p. www.cambridge.org/9780521807395
WHITTAKER, R. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. Science 163: 150-160.
WOESE, C.R. 1987. Bacterial evolution. Microbiological Reviews. pp.221-271.